

Docket No.: 50212-551

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of	:	Customer Number: 20277
	:	
Yoshinori YAMAMOTO, et al.	:	Confirmation Number: 6249
	:	
Serial No.: 10/717,202	:	Group Art Unit: 2874
	:	
Filed: November 20, 2003	:	Examiner: To be Assigned
	:	
For: OPTICAL FIBER, DISPERSION COMPENSATOR, OPTICAL TRANSMISSION LINE AND OPTICAL COMMUNICATIONS SYSTEM		

TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENTS

Mail Stop CPD
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

At the time the above application was filed, priority was claimed based on the following applications:

Japanese Patent Application No. P2002-336856, filed November 20, 2002
Japanese Patent Application No. P2003-301839, filed August 26, 2003

A copy of each priority application listed above is enclosed.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY

Arthur J. Steiner
Registration No. 26,106

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 AJS:mcw
Facsimile: (202) 756-8087
Date: April 8, 2004

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

10/717, 202

50212-551

November 20, 2003

YAMAMOTO et al.

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年11月20日
Date of Application:

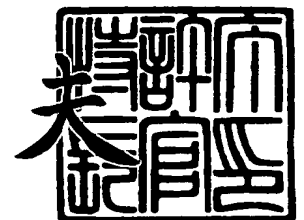
出願番号 特願2002-336856
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2002-336856]

出願人 住友電気工業株式会社
Applicant(s):

2003年11月19日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2003-3095709

【書類名】 特許願

【整理番号】 102Y0648

【提出日】 平成14年11月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/16

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社横浜製作所内

 【氏名】 藤井 隆志

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社横浜製作所内

 【氏名】 加藤 考利

【特許出願人】

 【識別番号】 000002130

 【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100088155

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

 【識別番号】 100089978

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

 【識別番号】 100092657

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0106993

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ファイバ、分散補償器及び光伝送路

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 1 5 3 5 ～ 1 5 6 5 n m の波長帯において基底モードの波長分散が下に凸であると共に、前記波長帯において波長分散が負であることを特徴とする光ファイバ。

【請求項 2】 1 5 6 5 ～ 1 6 1 0 n m の波長帯において基底モードの波長分散が下に凸であると共に、前記波長帯において波長分散が負であることを特徴とする光ファイバ。

【請求項 3】 1 5 5 4 ～ 1 6 0 8 n m の波長帯において基底モードの波長分散が下に凸であると共に、前記波長帯において波長分散が負であることを特徴とする光ファイバ。

【請求項 4】 1 5 3 5 ～ 1 6 1 0 n m の波長帯において基底モードの波長分散が下に凸であると共に、前記波長帯において波長分散が負であることを特徴とする光ファイバ。

【請求項 5】 前記波長帯にわたって、分散スロープが負であることを特徴とする、請求項 1 ～ 4 の何れか一項に記載の光ファイバ。

【請求項 6】 前記波長帯の両端以外の波長で波長分散が最小値となることを特徴とする、請求項 1 ～ 4 の何れか一項に記載の光ファイバ。

【請求項 7】 前記波長帯における波長分散の最大値と最小値との差の絶対値が 10 ps/nm/km 以下であることを特徴とする、請求項 1 ～ 6 の何れか一項に記載の光ファイバ。

【請求項 8】 6 0 mm の内径のコイルとしたときの 1 5 5 0 n m の波長における伝送損失の増加量が 0.1 dB/km 以下であることを特徴とする、請求項 1 ～ 7 の何れか一項に記載の光ファイバ。

【請求項 9】 請求項 1 ～ 8 の光ファイバを筐体内に収納した分散補償器。

【請求項 1 0】 前記光ファイバは、内径 4 0 ～ 1 0 0 mm のコイル状に巻かれたことを特徴とする、請求項 9 に記載の分散補償器。

【請求項 1 1】 前記光ファイバと接続され、1 5 5 0 n m の波長における

分散スロープが $-0.2 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下である第二光ファイバを備えることを特徴とする、請求項9又は10に記載の分散補償器。

【請求項12】 前記光ファイバと接続され、 1550 nm の波長における分散スロープが $-0.5 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下である第二光ファイバを備えることを特徴とする、請求項9又は10に記載の分散補償器。

【請求項13】 請求項9～12に記載の分散補償器と、前記分散補償器と接続され $1535 \sim 1610 \text{ nm}$ の波長帯における波長分散が正である伝送用光ファイバと、を備えることを特徴とする光伝送路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、波長分割多重光通信システム等に好適な光ファイバ、分散補償器及び光伝送路に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、伝送用光ファイバの $1530 \sim 1610 \text{ nm}$ の波長帯における波長分散を補償する分散補償器が開示されている（例えば、非特許文献1参照）。

【0003】

このような分散補償器により伝送用光ファイバの波長分散を補償した場合、伝送用光ファイバと分散補償器とを含む光伝送路の波長分散は、波長に対して二つの極値を有し、上に凸の部分と下に凸の部分とを有する。

【非特許文献1】

L. V. Jorgensen, et al., Next Generation Dispersion Compensating Modules for 40Gbit/s, Proceedings of NFOEC2002, USA, Sept. 2002, P.26

2

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

最近では、光通信において伝送容量のさらなる拡大や高ビットレート化が求められている。このためには、分散補償光ファイバを用いて伝送用光ファイバの波

長分散を広い波長帯でより精度よく補償する必要がある。

【 0 0 0 5 】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、伝送用光ファイバの波長分散をより精度よく補償可能な光ファイバと、これを用いた分散補償器及び光伝送路を提供することを目的とする。

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは、鋭意検討した結果、シングルモードファイバ等の伝送用光ファイバの波長分散は所定の波長帯で上に凸であるため、その波長帯で波長分散が上に凸である従来の分散補償光ファイバを用いるより、その波長帯で波長分散が下に凸である分散補償光ファイバを用いる方が伝送用光ファイバの波長分散を好適に補償することができることを見出し、本発明に想到した。

【 0 0 0 7 】

本発明に係る光ファイバは 1 5 3 5 ～ 1 5 6 5 n m の波長帯において基底モードの波長分散が下に凸であると共に、この波長帯において波長分散が負であることを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

本発明に係る他の光ファイバは、1 5 6 5 ～ 1 6 1 0 n m の波長帯において基底モードの波長分散が下に凸であると共に、この波長帯において波長分散が負であることを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

本発明に係る他の光ファイバは、1 5 5 4 ～ 1 6 0 8 n m の波長帯において基底モードの波長分散が下に凸であると共に、この波長帯において波長分散が負であることを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

本発明に係る他の光ファイバは、1 5 3 5 ～ 1 6 1 0 n m の波長帯において基底モードの波長分散が下に凸であると共に、この波長帯において波長分散が負であることを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

ここで、上記の光ファイバにおいて、上記波長帯にわたって、分散スロープが負であることが好ましい。

【0 0 1 2】

また、上記波長帯の両端以外の波長で波長分散が最小値となってもよい。

【0 0 1 3】

また、上記波長帯における波長分散の最大値と最小値との差の絶対値が 10 ps/nm/km 以下であることが好ましい。

【0 0 1 4】

また、60mmの内径のコイルとしたときの1550nmの波長における曲げによる伝送損失の増加量が 0.1 dB/km 以下であることが好ましい。

【0 0 1 5】

本発明に係る分散補償器は、上記光ファイバを筐体内に収納したことを特徴とする。

【0 0 1 6】

上記分散補償器において、光ファイバは、内径40～100mmのコイル状に巻かれたことが好ましい。

【0 0 1 7】

また、上記の光ファイバと接続され、1550nmの波長における分散スロープが $-0.2 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下である第二光ファイバを備えることが好ましい。

【0 0 1 8】

また、上記の光ファイバと接続され、1550nmの波長における分散スロープが $-0.5 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下である第二光ファイバを備えてもよい。

【0 0 1 9】

本発明に係る光伝送路は、上記の分散補償器と、この分散補償器と接続され1535～1610nmの波長帯における波長分散が正である伝送用光ファイバと、を備えることを特徴とする。

【0 0 2 0】

なお、本明細書において、光ファイバの長さをLとし、長さLの光ファイバを

波長 λ の光が伝播時間 $T(\lambda)$ で伝播する場合、この光ファイバの波長分散 D は $(1/L) \cdot (\partial T / \partial \lambda)$ と定義される。また、分散スロープ S は、 $(\partial^2 T / \partial \lambda^2)$ と定義される。さらに、総波長分散は $D \cdot L$ 、総分散スロープは $S \cdot L$ と定義される。

【0021】

そして、波長分散 D が波長帯 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ ($\lambda_1 < \lambda_2$) の範囲で下に凸とは、 $D(\lambda)$ を Y 軸に、 λ を X 軸に表した場合に、波長 $\lambda_1 < \lambda < \lambda_2$ の範囲内では、波長分散 $D(\lambda)$ が、 $D(\lambda_1)$ と $D(\lambda_2)$ とを結ぶ直線よりも下にある、すなわち、 $D(\lambda) < D(\lambda_1) + ((D(\lambda_2) - D(\lambda_1)) / (\lambda_2 - \lambda_1)) \times (\lambda - \lambda_1)$ となることである。

【0022】

また、波長分散 D が波長帯 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ ($\lambda_1 < \lambda_2$) の範囲で上に凸とは、 $D(\lambda)$ を Y 軸に、 λ を X 軸に表した場合に、波長 $\lambda_1 < \lambda < \lambda_2$ の範囲内では、波長分散 $D(\lambda)$ が、 $D(\lambda_1)$ と $D(\lambda_2)$ とを結ぶ直線よりも上にある、すなわち、 $D(\lambda) > D(\lambda_1) + ((D(\lambda_2) - D(\lambda_1)) / (\lambda_2 - \lambda_1)) \times (\lambda - \lambda_1)$ となることである。

【0023】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明において、同一または相当要素には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【0024】

(第一実施形態)

本実施形態に係る分散補償光ファイバを説明する。図1は、本実施形態に係る分散補償光ファイバA、B、Cの波長分散を説明する図である。図1に示すように、本実施形態に係る分散補償光ファイバA、B、Cは、1520～1620 nmにわたる広い波長帯で、基底モードの波長分散が下に凸となると共に、波長分散が負となっている。

【0025】

ここで、この1520～1620 nmの波長帯は、Cバンド（波長帯1535～1565 nm）、Lバンド（波長帯1565～1610 nm）、拡張Lバンド（波長帯1554～1608 nm）、及び、C及びLバンド（波長帯1535～1610 nm）を含んでいる。

【0026】

従来のシングルモードファイバ等の伝送用光ファイバの基底モードの波長分散は上に凸であるため、各波長域で波長分散が上に凸である従来の分散補償ファイバを用いて光伝送路の波長分散を補償すると、光伝送路全体の波長分散は上に凸となってしまう好適な分散補償ができない場合があった。

【0027】

ところが、本実施形態に係る、基底モードの波長分散が下に凸でありかつ負である分散補償光ファイバによれば、光伝送路の波長分散を好適に補償することができる。

【0028】

ここで、これらの分散補償光ファイバA、B、Cでは、1520～1620 nmにわたる広い波長帯で、波長分散が下に凸となると共に波長分散が負となっているが、伝送用光ファイバの使用波長帯域に応じて、Cバンドのみ、Lバンドのみ、拡張Lバンドのみ、または、C及びLバンドのみで、波長分散が下に凸となると共に波長分散が負となってもよい。

【0029】

このような分散補償光ファイバを用いた伝送用光ファイバの波長分散の補償としては、第一には、各波長帯にわたって分散スロープを含めて波長分散を補償し補償後の光伝送路全体の波長分散の絶対値を各波長帯にわたってほぼ0にする補償が挙げられ、また、第二には、分散スロープを残したまま光伝送路の波長分散の絶対値を各波長帯にわたって減少させる補償があげられる。次に、第一、第二それぞれの場合においてより好適な分散補償光ファイバについて説明する。

【0030】

まず、第一の場合である、伝送用光ファイバの波長分散を分散スロープも含めて補償する場合の分散補償光ファイバの好適な条件について説明する。

【0031】

本実施形態の分散補償光ファイバのみを伝送用光ファイバと接続することによって、分散補償ファイバと伝送用光ファイバとを含む光伝送路の波長分散を上記の各波長帯にわたってほぼ0に補償することができる。この場合、分散補償光ファイバは、図1のBのように、上述のCバンド、Lバンド、拡張Lバンド、又は、C及びLバンドの波長帯において負の分散スロープを有する、すなわち、波長分散が波長と共に単調減少するものであることが好ましい。これによれば、この分散補償光ファイバのみで、各波長帯にわたって波長分散が上に凸である伝送用光ファイバの波長分散を好適に補償できる。

【0032】

また、本実施形態に係る分散補償光ファイバと、各波長帯において波長分散が上に凸かつ負である従来型の分散補償光ファイバと、を組み合わせる伝送用ファイバを含む光伝送路の波長分散を上記の各波長帯においてほぼ0に補償することもできる。

【0033】

この場合も、分散補償光ファイバは、図1のBのように、上述のCバンド、Lバンド、拡張Lバンド、又は、C及びLバンドの波長帯において負の分散スロープを有していてもよい。

【0034】

また、このように2つの分散補償光ファイバを組み合わせる波長分散が正の伝送用光ファイバの波長分散を補償する場合には、伝送用光ファイバの分散スロープを主として従来型分散補償光ファイバで補償する一方、伝送用ファイバの各波長帯での波長分散の絶対値を引き下げるような補償を本実施形態に係る分散補償光ファイバで行ってもよい。

【0035】

この場合、本実施形態に係る分散補償光ファイバは、分散スロープが0になる波長があってもよい。言い換えると、例えば、図1のA、Cのように波長分散の最小値が波長帯の両端以外にあってもよい。

【0036】

この図 1 の A, C のような分散光ファイバの場合、各波長帯における波長分散の最大値と最小値との差の絶対値を大きくすると、従来型分散補償光ファイバと組み合わせる本実施形態に係る分散補償光ファイバを短くでき、分散補償器（詳しくは後述）を小さくできて好ましい。ここで、最大値と最小値との差は 10 ps/nm/km 以上であることが好ましい。

【0037】

具体的には、例えば、図 1 の分散補償光ファイバ C の方が、図 1 の分散補償光ファイバ A よりも波長分散の最大値と最小値との差が大きいのので、従来型の分散補償光ファイバと組み合わせるのに好適である。

【0038】

従来型分散補償光ファイバを伝送用光ファイバと接続して、 120 km の光伝送路の C 及び L バンドの残留波長分散を、例えば、 0.2 ps/nm/km 以下等の、問題ない程度の小さな値とすることは従来は困難であった。ここで、ある波長帯の残留波長分散とは、当該波長帯の波長分散の最大値と最小値との差の絶対値である。

【0039】

しかしながら、本実施形態の分散補償光ファイバと従来型分散補償光ファイバとを組み合わせる伝送用光ファイバと接続して、光伝送路の波長分散の補償を行うと、光伝送路の波長分散曲線は、波長に対して従来より水平な直線に近づく。

【0040】

従って、C 及び L バンドでの波長分散が正の値、例えば、 1550 nm の波長における波長分散が $16 \sim 21 \text{ ps/nm/km}$ 、である伝送用シングルモード光ファイバに本実施形態の分散補償光ファイバと従来型分散補償光ファイバとを接続して光伝送路の分散補償を行った場合、光伝送路の C 及び L バンドでの残留波長分散は、従来にない小さな値、例えば、 0.2 ps/nm/km 以下とすることができる。

【0041】

また、 100 km の伝送用シングルモードファイバに、本実施形態の分散補償光ファイバと従来型分散補償光ファイバとを接続して光伝送路を成せば、C バン

ド、Lバンド、拡張Lバンド、または、C及びLバンドの波長帯で、残留波長分散を 0.2 ps/nm/km 以下とすることもできる。このような伝送路では、 40 Gbps の伝送速度で信号を伝送できる。

【0042】

次に、第二の場合である、本実施形態に係る分散補償光ファイバを用いて伝送用光ファイバの波長分散の絶対値を各波長帯にわたって減少させるような補償について説明する。

【0043】

例えば、距離の短い光伝送ファイバ（例えば 50 km 程度）を含む光伝送路の波長分散を補償する場合、必ずしも光伝送路の分散スロープを補償して、各波長帯に亘って波長分散をほぼ0とする必要はなく、各波長帯の波長分散が減算されるような補償を行った方が、光伝送路の設計が容易となる場合がある。

【0044】

また、距離の長い光伝送ファイバ（例えば、数千 km ）を含む光伝送路の波長分散を補償する場合は、分散補償器を光伝送路に複数配置するが、それでも補償後の光伝送路に、特定の波長帯における大きな波長分散が残る場合がある。この場合、残留する分散が大きく所望の伝送速度が得られなかった波長帯においては、その波長帯を個別に分散補償する必要があるが、この場合もその個別の波長帯にわたって、波長分散を減算するような分散補償を行った方がよい。

【0045】

このように各波長帯において波長分散を減算する補償をする場合は、本実施形態の分散補償光ファイバのみを正の波長分散を有する伝送用光ファイバと接続して分散補償することが好ましい。

【0046】

また、分散補償光ファイバは、波長分散が上記の各波長帯において平坦であることが好ましい。言い換えると、波長分散の最大値と最小値との差の絶対値が小さいことが好ましい。例えば、波長分散の最小値が各波長帯の両端以外にあると、各波長帯における波長分散の最大値と最小値との差の絶対値を小さくし易い。具体的には、最大値と最小値との差の絶対値が 10 ps/nm/km 未満である

ことが好ましい。図 1 において、C の波長分散特性を有する分散補償光ファイバ C よりも A の波長分散特性を有する分散補償光ファイバ A が好ましい。

【 0 0 4 7 】

また、各波長帯の中間の波長で波長分散が最小値となることが好ましい。これによれば、各波長帯の両端での波長分散がほぼ同じとなるので、この波長帯の分散スロープが 0 に近くなりやすい。

【 0 0 4 8 】

以下、さらに、上記第一の場合及び第二の場合も含めて、本実施形態に係る分散補償光ファイバのより好適な条件について説明する。

【 0 0 4 9 】

本実施形態に係る分散補償光ファイバにおいて、各波長帯において、波長分散が -100 ps/nm/km 以下であることが好ましい。波長分散の値を低くすることで、伝送用光ファイバの波長分散の補償に必要な分散補償光ファイバの長さを短くすることができ、分散補償器を小さくすることができる。

【 0 0 5 0 】

また、本実施形態に係る分散補償光ファイバにおいて、コアとクラッドとを含むガラス部分の径（以下ガラス径とする）を $60 \sim 125 \mu\text{m}$ とし、このガラス部分を被覆する被服の厚さを $15 \sim 65 \mu\text{m}$ とすることが好ましい。ガラス部分の径を小さくして被服の厚さを薄くした細径の光ファイバであれば、当該光ファイバを巻いてコイルを形成し、このコイルを筐体内に収容した分散補償器において、光ファイバが占める容積を小さくできる。

【 0 0 5 1 】

なお、分散補償器を収容する中継局内の場所に限りがあるため、分散補償器の小型化に対する市場の要求は強い。通常使用される分散補償光ファイバの被覆径は $250 \mu\text{m}$ であるが、本実施形態に係る分散補償光ファイバは、被覆径を $90 \mu\text{m}$ 程度にまで細くできる。

【 0 0 5 2 】

本実施形態に係る分散補償光ファイバは、さらに、曲げ径を $40 \sim 100 \text{ mm}$ とすることができる。曲げ径を小さくすることで、分散補償光ファイバを巻いて

コイルとしたときに光ファイバが占める容積を小さくでき、このコイルを収納する筐体も小さくできる。すなわち、本実施形態の分散補償光ファイバを筐体に収容した分散補償器を小型化できる。

【0053】

本実施形態に係る分散補償光ファイバは、曲げ径を60mmとしても1550nmの波長における曲げによる伝送損失増加量（以下曲げ損失増加量とする）が0.1dB/km以下であり、曲げに対して優れた耐性を有する。

【0054】

なお、光ファイバを60mmの径のコイルに巻いたときの1550nmの波長における曲げ損失増加量が0.1dB/kmを超えると、そのコイルは損失が大きすぎて実用に向かない。ところが、本実施形態に係る分散補償光ファイバは、60mmの径に巻いたときの1550nmの波長における曲げ損失増加量を0.1dB/km以下にすることができる。40mmの径に巻いた場合でも1550nmの波長における曲げ損失増加量を0.1dB/km以下にすることができる。

【0055】

また、本実施形態に係る分散補償光ファイバにおいては、C及びLバンドの波長帯を使用する場合には、実効カットオフ波長を1.53 μ m以下にすることができる。

【0056】

次に、本実施形態に係る分散補償光ファイバの構成及び屈折率プロファイルの好適な例について図2（a）及び図2（b）を参照して説明する。図2（a）は、光ファイバ2の光軸と直交する断面を示し、図2（b）は、図2（a）中の線Lに沿った各ガラス領域の屈折率を示す屈折率プロファイルである。

【0057】

本実施形態に係る分散補償光ファイバ2は、光軸中心を含み屈折率 n_1 を有するコア部211と、コア部211を取り囲み n_1 よりも低い屈折率 n_2 を有する第一クラッド部212と、第一クラッド部212を取り囲み n_2 よりも高い屈折率 n_3 を有する第二クラッド部213と、第二クラッド部213を取り囲み n_3

よりも低い屈折率 n_4 を有する第三クラッド部 214 と、第三クラッド部 214 を取り囲むように設けられた被覆層 220 と、を備えることが好ましい。

【0058】

ここで、コア径を $2a$ 、第一クラッド径を $2b$ 、第二クラッド径を $2c$ 、第三クラッド径（ガラス径）を d とすると共に、第三クラッド部 214 の屈折率 n_4 を基準としたときのコア部 211 の比屈折率差を Δn_1 、第三クラッド部 214 の屈折率 n_4 を基準としたときの第一クラッド部 212 の比屈折率差を Δn_2 、第三クラッド部 214 の屈折率 n_4 を基準としたときの第二クラッド部 213 の比屈折率差を Δn_3 とする。

【0059】

なお、比屈折率差 Δn_1 は $(n_1 - n_4) / n_4$ で与えられ、比屈折率差 Δn_2 は $(n_2 - n_4) / n_4$ で与えられ、比屈折率差 Δn_3 は $(n_3 - n_4) / n_4$ で与えられる。

【0060】

ここで、コア部 211 の比屈折率差 Δn_1 が 2.0～4.0% であり、第一クラッド部 212 の Δn_2 が -0.2～-0.9% であることが好ましい。

【0061】

さらに、第二クラッド部 213 の Δn_3 が 0.2～0.9% であると共に、コア径を A 、第一クラッド径を B 、第二クラッド径を C としたときに、 $0.2 \leq (A/C) < 0.4$ かつ $0.4 \leq (B/C) \leq 0.8$ を満たすことが好ましい。

【0062】

(第二実施形態)

次に、本発明の実施形態に係る分散補償器について図 3 を参照して説明する。

【0063】

本実施形態に係る分散補償器 19 は、上述の実施形態に係る分散補償光ファイバ 2 と、従来型分散補償光ファイバ 3 と、を組み合わせて、伝送用光ファイバの波長分散を補償する分散補償器である。

【0064】

この分散補償器 1 9 は円筒状の筐体 1 内の中央に上記実施形態に係る分散補償光ファイバ 2 が巻回されたコイルが収納され、その周囲に従来型分散補償光ファイバ 3 が巻回されたコイルが収納され、これらのコイルは充填材 7 により保持されている。この分散補償器 1 9 において、各コイルは、予めボビンに巻き取られた状態から、ボビンを抜き去って光ファイバの固まり状のコイルとすると共に、このコイルをほぐして側圧を減じた状態で筐体 1 内に保持されている。2 つの光ファイバ 2、3 の一端同士は融着接続部 8 で融着接続されている。充填材 7 の上で、融着接続部 8 等はさらに充填材 1 1 により保持されている。

【0 0 6 5】

その製造に際しては、上述の実施形態に係る分散補償光ファイバ 2 のコイルと、従来型分散補償光ファイバ 3 のコイルを、筐体 1 内に収容した後、光ファイバ 2、3 の各々の両端を除いて充填材 7 を充填し、その後、分散補償光ファイバ 2 の一端と従来型分散補償光ファイバ 3 の一端とを融着接続する。このときの融着接続部 8 が図 3 中に示されている。融着接続後、融着接続部 8 の近傍には、余長部分 1 2 が確保される。さらに、分散補償光ファイバ 2 の他端と従来型分散補償光ファイバ 3 の他端には、端部にコネクタ（図示せず）が取り付けられたピグテールファイバ（不図示）を融着接続する。このときの融着接続部 1 0 も図 3 中に示されている。ピグテールファイバは、分散補償器 1 9 への光ファイバの接続を容易にするためのものである。さらに、これらの融着接続部 8、1 0 及び余長部分 1 2 を先ほど硬化させた充填材 7 の上部に載置させ、さらに、筐体 1 内に充填材 1 1 を充填させて硬化させ、融着接続部 8、1 0 及び余長部分 1 2 も充填材 1 1 によって保持させる。

【0 0 6 6】

ここで、筐体 1 内のコイルは、ボビンに保持された状態でもよく、単にボビンが抜き取られた固まり状の状態であってもよい。また、図 3 においては、分散補償光ファイバ 2 のコイルの外径が、従来型分散補償光ファイバ 3 のコイルの内径よりも小さくされているが、分散補償光ファイバ 2 のコイルの内径を、従来型分散補償光ファイバ 3 のコイルの外径よりも大きくして分散補償光ファイバ 2 のコイルよりも内側に従来型分散補償光ファイバ 3 のコイルを配置してもよい。また

、これら 2 つのコイルを筐体 1 内で上下に積むようにしてもよい。また、分散補償光ファイバ 2 と従来型分散補償型光ファイバ 3 とを各々別々の筐体に入れてもよい。

【 0 0 6 7 】

なお、本実施形態においては、光ファイバ 2, 3 をボビンに巻き取った状態、その状態からボビンを抜き去って光ファイバの固まりとした状態、または、ボビンを抜き去った後の光ファイバの固まりをほぐして各光ファイバ同士が及ぼしあう側圧を減じた場合の何れもをコイルと呼ぶ。

【 0 0 6 8 】

本実施形態に係る分散補償器の分散補償光ファイバ 2 は、曲げ径を 4 0 ~ 1 0 0 mm とすることが好ましい。曲げ径を小さくすることで、分散補償光ファイバを巻いてコイルとしたときに光ファイバが占める容積を小さくでき、このコイルを収納する筐体も小さくできる。すなわち、本実施形態の分散補償光ファイバを筐体に収容した分散補償器を小型化できる。

【 0 0 6 9 】

ここで、本実施形態に係る分散補償光ファイバの曲げ径を 4 0 ~ 8 0 mm とすることがより好ましく、4 0 ~ 6 0 mm とすることが一層好ましい。

【 0 0 7 0 】

コイルの周囲及び内側に充填する充填材としては、柔らかい樹脂が好ましい。特に、J I S K 2 2 2 0 - 1 9 9 3 の規定による 1 / 4 コーンを用いたときの硬化後のちょう度が、- 2 0 ℃以上 7 0 ℃以下の温度範囲で 5 以上 2 0 0 以下であることが好ましい。なお、充填材は、コイル内に浸透させることが好ましい。硬化前の粘度が常温で 0 . 0 1 ~ 0 . 6 P a · s である充填材を使用すると、コイルの周辺だけでなく光ファイバ同士の隙間にも充填材を容易に満たすことができ、光ファイバの一本一本を充填材によって覆うことができるので好適である。このような充填材としては、シリコーンゲル等が利用できる。また、充填材として、樹脂の代わりにスポンジ等のクッション材を筐体 1 内のコイルの周囲及び内側に入れてもよい。

【 0 0 7 1 】

また、このような充填材の筐体 1 内への充填の仕方としては、光ファイバ同士の融着接続部 8 に不必要な外力がかからないように工夫することが好ましい。例えば、充填材 7 の上で融着接続部 8 や余長部分 1 2 に対して充填材 1 1 を導入して硬化させる際、充填材 7 の表面と融着接続部 8 や光ファイバの余長部分 1 2 とがなす角が、30 度以下になるようにすることが好ましい。さらに、融着接続部 8 の前後の余長部分 1 2 の光ファイバの曲げ径を、例えば、60 mm 以上と大きくすることが好ましい。また、充填材 1 1 に代えて、融着接続部 8 や余長部分 1 2 を充填材 7 上に固定してもよい。

【0072】

このような分散補償器で用いる分散補償ファイバ 2 は、第一実施形態に係る分散補償光ファイバである。

【0073】

第 1 実施形態で述べたように、分散補償光ファイバ 2 と組み合わせて使用する従来型分散補償光ファイバ 3 の分散スロープは、伝送用光ファイバの分散スロープを補償する波長分散特性であることが好ましい。

【0074】

また、伝送用光ファイバが、非ゼロ分散シフトファイバのように分散スロープが大きな物であれば、従来型分散補償光ファイバ 3 として、分散スロープが小さく総分散スロープが大きいものとすることが好ましい。

【0075】

例えば、コーニング社の L E A F（登録商標）等の C バンドの通信光が伝送される非ゼロ分散シフト光ファイバの波長分散を補償する場合、分散補償光ファイバ 2 と組み合わせる従来型分散補償光ファイバ 3 は、分散スロープが 1550 nm において、 $-0.5 \text{ ps} / \text{nm}^2 / \text{km}$ 以下であることが好ましい。

【0076】

一方、上述の L E A F 等の L バンド、拡張 L バンド、または、C 及び L バンドの通信光が伝送される非ゼロ分散シフト光ファイバの波長分散を補償する場合には、分散補償光ファイバ 2 と組み合わせる従来型分散補償光ファイバ 3 は、1550 nm における分散スロープが $-0.2 \text{ ps} / \text{nm}^2 / \text{km}$ 以下であることが

好ましい。

【0077】

また、上記以外の伝送用光ファイバの波長分散を補償する場合でも、分散補償光ファイバ2と組み合わせる従来型分散補償光ファイバ3は、1550nmにおける分散スロープが $-0.2\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であることが好ましい。

【0078】

また、第一実施形態に係る分散補償光ファイバ2のみを用いて波長分散が正の伝送用光ファイバの波長分散を補償する場合には、筐体1内に、分散補償光ファイバ2のコイルのみを収容した構成の分散補償器とすればよい。

【0079】

このような分散補償器において、短い伝送用光ファイバの波長分散を補償する場合は、上述の分散補償光ファイバの長さが短くてすむ。このため、分散補償器の大きさを小さくすることができる。

【0080】

例えば、補償する伝送用光ファイバの総波長分散が、1550nmにおいて -1200 ps/nm 以上 -600 ps/nm 未満である場合は、分散補償器の体積を 500 cm^3 以下とすることができ、このとき、例えば、外寸を170mm以下 \times 170mm以下 \times 17mm以下とできる。

【0081】

また、補償する伝送用光ファイバの総波長分散が、1550nmにおいて -600 ps/nm 以上 0 ps/nm 未満である場合は、分散補償器の体積を 310 cm^3 以下とすることができ、このとき、例えば、外寸を130mm以下 \times 130mm以下 \times 17mm以下とできる。

【0082】

また、補償する伝送用光ファイバの総波長分散が、1550nmにおいて -300 ps/nm 以上 0 ps/nm 未満である場合は、分散補償器の体積を 260 cm^3 以下とすることができ、このとき、例えば、外寸を120mm以下 \times 120mm以下 \times 18mm以下とできる。

【0083】

さらに、補償する伝送用光ファイバの総波長分散が、1 5 5 0 n mにおいて- 8 0 p s / n m以上0 p s / n m未満である場合は、分散補償器の体積を1 4 0 c m³以下とすることができ、このとき、例えば、外寸を1 0 0 m m以下×1 0 0 m m以下×1 4 m m以下とできる。

【0 0 8 4】

以上説明したように、本実施形態に係る分散補償器によれば、上述の実施形態に係る分散補償光ファイバを用いているので、伝送用ファイバの波長分散を好適に補償することができる。

【0 0 8 5】

(第3実施形態)

次に、図4を参照して、本実施形態に係る光伝送システム1 5 1について説明する。

【0 0 8 6】

光伝送システム1 5 1は、C及びLバンドの信号光を送信する送信機5 3からこの信号光を受信する受信機5 7に到る信号光の伝送経路の少なくとも一部に、光伝送路1 7 0として伝送用光ファイバ5 5、中継器5 8及び中継器5 9を備えている。

【0 0 8 7】

伝送用光ファイバ5 5は、上述のC及びLバンドで上に凸の波長分散を有するシングルモード光ファイバであり、C及びLバンドで波長分散が正の値である。

【0 0 8 8】

中継器5 8は、送信機5 3からの信号光をCバンドとLバンドとに分光する分波器1 0 1と、分光された内のCバンドの信号光を増幅する光アンプ1 0 2と、分光された内のLバンドの信号光を増幅する光アンプ1 0 3と、光アンプ1 0 2及び光アンプ1 0 3で送信された信号光を合波して伝送用光ファイバ5 5に送る合波器1 0 4と、を備えている。

【0 0 8 9】

中継器5 9は、伝送用光ファイバ5 5を伝播してきたC及びLバンドの信号光をCバンドとLバンドとに分光する分波器1 1 1と、分光された内のCバンドの

信号光を増幅する光アンプ 112 と、光アンプ 112 で増幅された信号光が入射される上述の構成の分散補償器 115 と、分波器 111 で分光された内の L バンドの信号光を増幅する光アンプ 113 と、光アンプ 113 で増幅された信号光が入射される上述の構成の分散補償器 116 と、分散補償器 115 及び分散補償器 116 で送信された信号光を合波して受信機 57 に送る合波器 114 と、を有している。

【0090】

これらの光アンプ 102、103、112、113 としては、例えば、エルビウム添加光ファイバ (Erbium Doped optical-Fiber: EDF) 等を用いたものが利用できる。

【0091】

送信機 53 からは、C 及び L バンドの多波長の信号光が波長多重されて送出され、この信号光は、中継器 58 において各バンド毎に増幅され、伝送用光ファイバ 55 を伝搬する。そして、中継器 59 に到達した信号光は、再び、各バンド毎に増幅されると共に各バンド毎に分散補償器 115、116 によって分散補償が行われる。そして、分散補償がされた送信光は合波されて受信機 57 に到達する。そして、受信機 20 は、これら波長多重された多波長の信号光を分波して、各波長の信号光を受信する。

【0092】

このように構成される光伝送システム 151 における光伝送路 170 では、上述の構成の分散補償器 115、116 を備えるので、光伝送路 170 全体の波長分散を好適に補償することができる。このため、信号光の波形劣化を抑制することができる。具体的には、例えば、光伝送路 170 の各波長帯の残留波長分散を 0.2 ps/nm/km 以下にできる。

【0093】

なお、このような分散補償器 115、116 は、光伝送路 150 km 毎に少なくとも 1 つ配置することが好ましい。

【0094】

(実施例)

次に、上述の構成の分散補償光ファイバ、分散補償器、光伝送路を作成して評価した。

【0095】

(分散補償光ファイバの実施例 F 1, F 2、分散補償光ファイバの参考例 F 3)

分散補償光ファイバ F 1 は、3 重クラッド型であり、コア径 $2a$ を $2.6\ \mu\text{m}$ 、第一クラッド径 $2b$ を $5.2\ \mu\text{m}$ 、第二クラッド径 $2c$ を $10.8\ \mu\text{m}$ とした。また、コア部の比屈折率差 Δn_1 を 2.8% 、第一クラッド部の比屈折率差 Δn_2 を -0.74% 、第二クラッド部の比屈折率差 Δn_3 を 0.32% とした。

【0096】

この分散補償型光ファイバ F 1 は、波長 $1520\ \text{nm}$ において、波長分散が $-172\ \text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 、分散スロープが $-0.16\ \text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ であり、波長 $1550\ \text{nm}$ において、波長分散が $-176\ \text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 、分散スロープが $-0.08\ \text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ 、モードフィールド径 (MFD) が $4.0\ \mu\text{m}$ であった。また、この分散補償型光ファイバ F 1 の $2\ \text{m}$ での実効カットオフ波長は $1.28\ \mu\text{m}$ 、曲げ径 $40\ \text{mm}$ での $1550\ \text{nm}$ の波長における曲げ損失増加量は $0.01\ \text{dB}/\text{km}$ 以下、曲げ径 $60\ \text{mm}$ での $1550\ \text{nm}$ の波長における曲げ損失増加量は $0.01\ \text{dB}/\text{km}$ 以下であった。

【0097】

波長分散は、図 1 に示す通りであり、C 及び L バンドにおいて、下に凸であると共に負であった。

【0098】

分散補償光ファイバ F 2 も 3 重クラッド型であり、コア径 $2a$ を $3.2\ \mu\text{m}$ 、第一クラッド径 $2b$ を $7.7\ \mu\text{m}$ 、第二クラッド径 $2c$ を $15.4\ \mu\text{m}$ とした。また、コア部の比屈折率差 Δn_1 を 2.8% 、第一クラッド部の比屈折率差 Δn_2 を -0.74% 、第二クラッド部の比屈折率差 Δn_3 を 0.32% とした。

【0099】

この分散補償型光ファイバ F 2 は、波長 $1520\ \text{nm}$ において、波長分散が $-249\ \text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 、分散スロープが $-0.64\ \text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ であり、波長 $1550\ \text{nm}$ において、波長分散が $-263\ \text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 、分散スロ

ープが $-0.28 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 、モードフィールド径 (MFD) が $4.2 \mu\text{m}$ であった。また、この分散補償型光ファイバ F1 の 2 m での実効カットオフ波長は $1.45 \mu\text{m}$ 、曲げ径 40 mm での 1550 nm の波長における曲げ損失増加量は 0.05 dB/km 以下、曲げ径 60 mm での 1550 nm の波長における曲げ損失増加量は 0.01 dB/km 以下であった。

【0100】

波長分散は、図 2 の C に示す通りであり、C 及び L バンドにおいて、下に凸であると共に負であった。

【0101】

また、上記分散補償光ファイバ F1、F2 と組み合わせるための、C 及び L バンドで波長分散が上に凸の従来型の分散補償ファイバとして次に示す分散補償光ファイバ F3 を用いた。

【0102】

この従来型分散補償光ファイバ F3 は 3 重クラッド型であり、コア径 $2a$ を $4.3 \mu\text{m}$ 、第一クラッド径 $2b$ を $11.0 \mu\text{m}$ 、第二クラッド径 $2c$ を $15.4 \mu\text{m}$ とした。また、コア部の比屈折率差 $\Delta n1$ を 1.6%、第一クラッド部の比屈折率差 $\Delta n2$ を -0.50% 、第二クラッド部の比屈折率差 $\Delta n3$ を 0.30% とした。

【0103】

この従来型分散補償型光ファイバ F3 は、波長 1520 nm において、波長分散が -61 ps/nm/km 、分散スロープが $-0.25 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ であり、波長 1550 nm において、波長分散が -70 ps/nm/km 、分散スロープが $-0.36 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 、モードフィールド径 (MFD) が $4.7 \mu\text{m}$ であった。また、この従来型分散補償型光ファイバ F3 の 2 m での実効カットオフ波長は $1.40 \mu\text{m}$ 、曲げ径 40 mm での 1550 nm の波長における曲げ損失増加量は 0.5 dB/km 以下、曲げ径 60 mm での 1550 nm の波長における曲げ損失増加量は 0.02 dB/km 以下であった。

【0104】

波長分散は、図 5 の C に示す通りである。また、この分散補償光ファイバ F1

、F2及び従来型分散補償光ファイバF3の構成や特性を図6の表に示す。

【0105】

(分散補償器の実施例M1～M8)

上述の光ファイバを用いて、分散補償器M1～M8を作成した。

【0106】

(実施例M1)

分散補償器M1は、長さ1.7kmの分散補償光ファイバF1を用い、この分散補償光ファイバF1をボビンに巻き付けた後に当該ボビンから取り外してファイバ束状態とし、このコイルを筐体内に収容し、コイルを樹脂にて保持した構成のものである。また、分散補償光ファイバF1における第3クラッド部の外径（以下、ガラス径と言う）は $80\mu\text{m}$ とし、被覆層も含んだ外径（以下、被覆径と言う）は $140\mu\text{m}$ とした。樹脂はシリコーンゲルであり、このシリコーンゲルを 70°C で2時間加熱することにより硬化させて、光ファイバF1のコイルを保持した。

【0107】

ボビンの分散補償光ファイバF1を巻き付ける巻胴部の外径（コイル状に巻回された分散補償光ファイバの巻内径に相当し、以下、巻胴径と言う）は 40mm とした。この分散補償器M1の総波長分散は $-300\text{ps}/\text{nm}$ であり、総分散スロープは $-0.13\text{ps}/\text{nm}^2$ であり、挿入損失は 3.3dB であった。分散補償器M1の筐体の大きさは、 $120\text{mm}\times 120\text{mm}\times 18\text{mm}$ であった。

【0108】

(実施例M2)

分散補償器M2は、ガラス径を $125\mu\text{m}$ 、被覆径を $185\mu\text{m}$ とした分散補償光ファイバF1を用いた以外は実施例1と同様の構成である。分散補償器M2の総分散値は $-300\text{ps}/\text{nm}$ であり、総分散スロープは $-0.13\text{ps}/\text{nm}^2$ であり、挿入損失が 3.3dB であった。分散補償器M2の筐体の大きさは、 $120\text{mm}\times 120\text{mm}\times 18\text{mm}$ であった。

【0109】

(実施例M3)

分散補償器M3は、長さ3.4 kmの分散補償光ファイバF1を用いた以外は、実施例1と同様の波長分散器である。分散補償器M3の総波長は -600 ps/nm であり、総分散スロープは -0.26 ps/nm^2 であり、挿入損失が4.6 dBであった。分散補償器M3の筐体の大きさは、 $130\text{ mm} \times 130\text{ mm} \times 17\text{ mm}$ であった。

【0110】

(実施例M4)

分散補償器M4は、ガラス径を $80\text{ }\mu\text{m}$ 、被覆径を $185\text{ }\mu\text{m}$ とし、長さを0.30 kmとした分散補償光ファイバF2を用い、コイルの巻胴径を40 mmとした以外は、実施例1と同様の分散補償器である。分散補償器M4の総分散値は -80 ps/nm であり、総分散スロープは -0.08 ps/nm^2 であり、挿入損失が2.1 dBであった。分散補償器M4の筐体の大きさは、 $100\text{ mm} \times 100\text{ mm} \times 14\text{ mm}$ であった。

【0111】

(実施例M5)

分散補償器M5は、ガラス径を $125\text{ }\mu\text{m}$ 、被覆径を $185\text{ }\mu\text{m}$ とし、長さ1.14 kmとした分散補償光ファイバF2を用いた以外は、実施例4と同様の構成の分散補償器である。分散補償器M5の総波長分散値は -300 ps/nm であり、総分散スロープは -0.31 ps/nm^2 であり、挿入損失が2.8 dBである。分散補償器M5の筐体の大きさは、 $120\text{ mm} \times 120\text{ mm} \times 18\text{ mm}$ であった。

【0112】

(実施例M6)

本例の分散補償器M6は、長さ2.28 kmの分散補償光ファイバF2を用いた以外は実施例4と同様の分散補償器である。分散補償器M6の総波長分散値は -600 ps/nm であり、総分散スロープは -0.63 ps/nm^2 であり、挿入損失が3.7 dBである。分散補償器M6の筐体の大きさは、 $130\text{ mm} \times 130\text{ mm} \times 17\text{ mm}$ であった。

【0113】

(実施例M7)

本例の分散補償器M7は、長さ4.56kmの分散補償光ファイバF2を用いた以外は実施例4と同様の構成の分散補償器である。分散補償器M7の総波長分散値は -1200 ps/nm であり、総分散スロープは -1.26 ps/nm^2 であり、挿入損失が5.6dBである。分散補償器M7の筐体の大きさは、 $170\text{ mm} \times 170\text{ mm} \times 17\text{ mm}$ であった。

【0114】

(実施例M8)

本例の分散補償器M8は、ガラス径を $125\text{ }\mu\text{m}$ 、被覆径を $185\text{ }\mu\text{m}$ 、長さを2.30kmとした分散補償光ファイバF2と、ガラス径を $125\text{ }\mu\text{m}$ 、被覆径を $185\text{ }\mu\text{m}$ 、長さを10.8kmとした従来型分散補償光ファイバF3とを融着接合し、各々のファイバを各々ボビンに巻き付けた後に当該ボビンから取り外して各々ファイバ束状態としたのち筐体内に収容し、実施例1と同様に樹脂を硬化させることにより光ファイバを保持した構成のものである。

【0115】

分散補償光ファイバF2の巻胴径を40mm、従来型分散補償光ファイバF3の巻胴径を120mm、従来型分散補償光ファイバF3のコイルの外径を200mmとし、従来型分散補償光ファイバF3内のコイルの内側に分散補償光ファイバF2のコイルを入れた状態とした。分散補償器M8の筐体の大きさは、 $220\text{ mm} \times 230\text{ mm} \times 40\text{ mm}$ とした。

【0116】

分散補償光ファイバF2単体の総波長分散は -600 ps/nm であり、総分散スロープは -0.63 ps/nm^2 であり、従来型分散補償光ファイバF3単体の総分散値は -756 ps/nm であり、総分散スロープは -3.88 ps/nm^2 であった。また、分散補償器の総波長分散は -1360 ps/nm であり、総分散スロープは -4.5 ps/nm^2 であり、挿入損失は7dBであった。

【0117】

これら分散補償器M1～M8の構成及び特性を図7の表に示す。また、分散補償器M8の波長分散を図8に示す。また、分散補償器M8を、100kmの伝送

用シングルモードファイバと接続した場合の、光伝送路全体の波長分散を図 9 に示す。伝送用光ファイバの波長分散が C 及び L バンドで好適に補償されたことがわかる。なお、この伝送用シングルモードファイバの波長分散を図 5 の E に示す。

【0 1 1 8】

以上のように、本実施形態によれば、C バンド、L バンド、拡張 L バンド、または、C 及び L バンドにおいて波長分散が下に凸かつ負である分散補償光ファイバを用いた分散補償器を用いることにより、光伝送路において波長分散を好適に補償することができる。また、コンパクトな波長分散器及び光伝送路を提供できる。

【0 1 1 9】

なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、種々の変形態様をとることが可能である。

【0 1 2 0】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明によれば、伝送用光ファイバの波長分散をより精度よく補償可能な光ファイバと、これを用いた分散補償器及び光伝送路が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施形態に係る分散補償光ファイバの波長分散を示す図である。

【図 2】

図 2 (a) は図 1 の分散補償光ファイバの断面構造を示す図であり、図 2 (b) は図 1 の分散補償光ファイバの屈折率プロファイルを示す図である。

【図 3】

本発明の実施形態に係る分散補償器を示す図である。

【図 4】

図 3 の分散補償器を用いた光伝送システムを示す概略構成図である。

【図 5】

実施例 F 3 で用いる従来型分散補償光ファイバ及び伝送用光ファイバの波長分散を示す図である。

【図 6】

実施例 F 1、F 2、参考例 F 3 の光ファイバの特性を示す図表である。

【図 7】

実施例 M 1 ～ M 8 の分散補償器の特性を示す図表である。

【図 8】

実施例 M 8 の分散補償器の波長分散を示す図である。

【図 9】

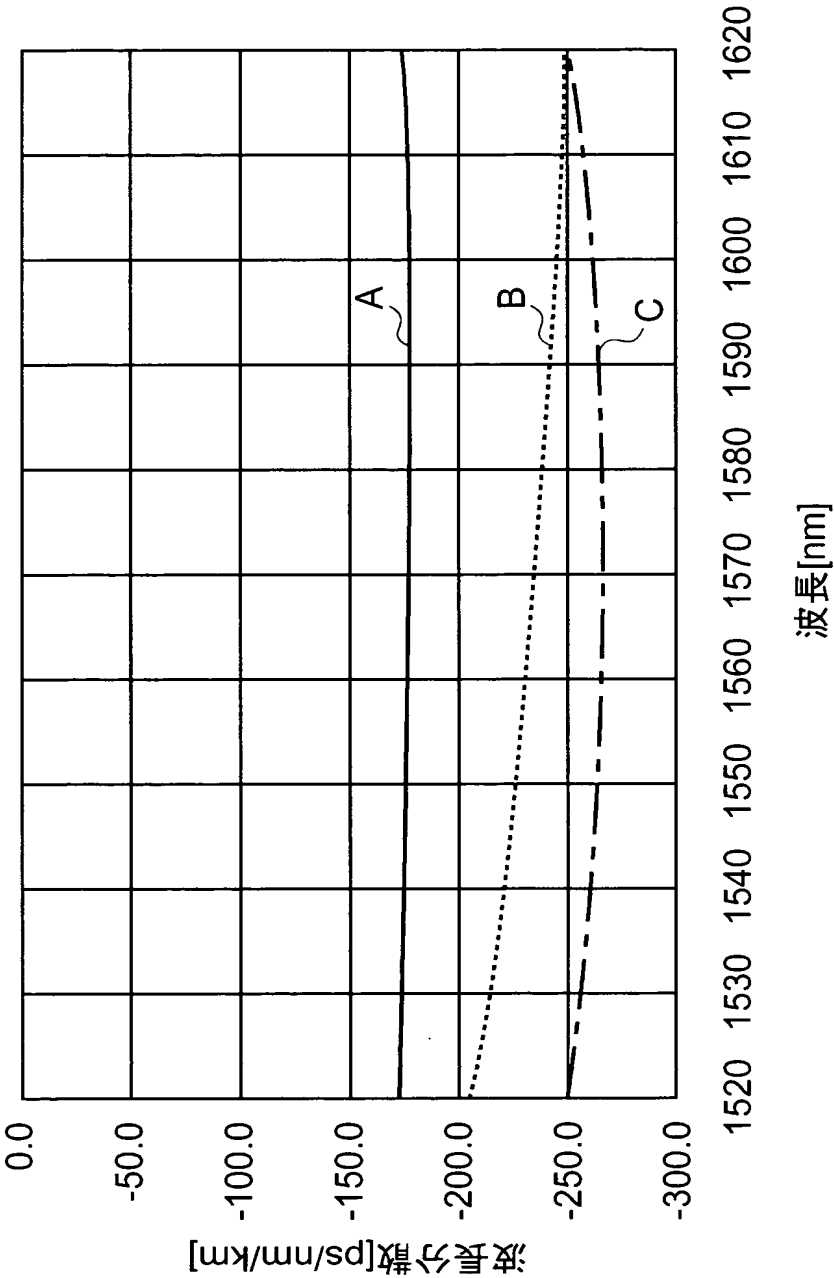
実施例 M 8 の分散補償器を伝送用光ファイバに接続した場合の光伝送路全体の波長分散を示す図である。

【符号の説明】

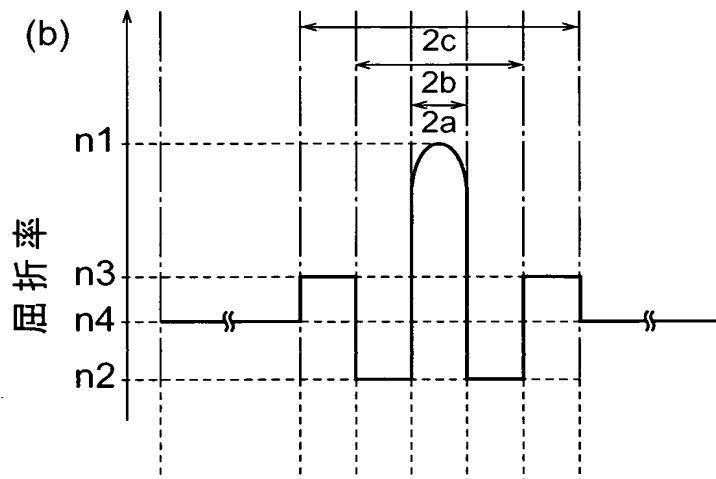
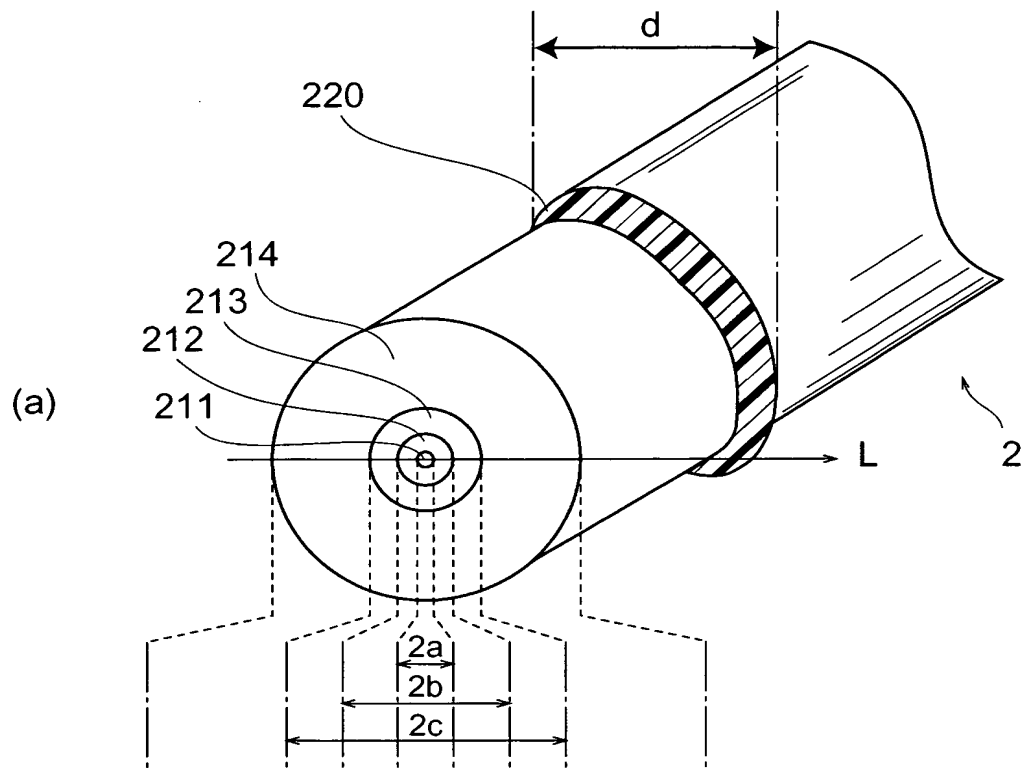
1 … 筐体、2 … 分散補償光ファイバ（光ファイバ）、3 … 従来型分散補償光ファイバ（第二光ファイバ）、1 0 … 分散補償器、1 7 0 … 光伝送路、5 5 … 伝送用ファイバ。

【書類名】 図面

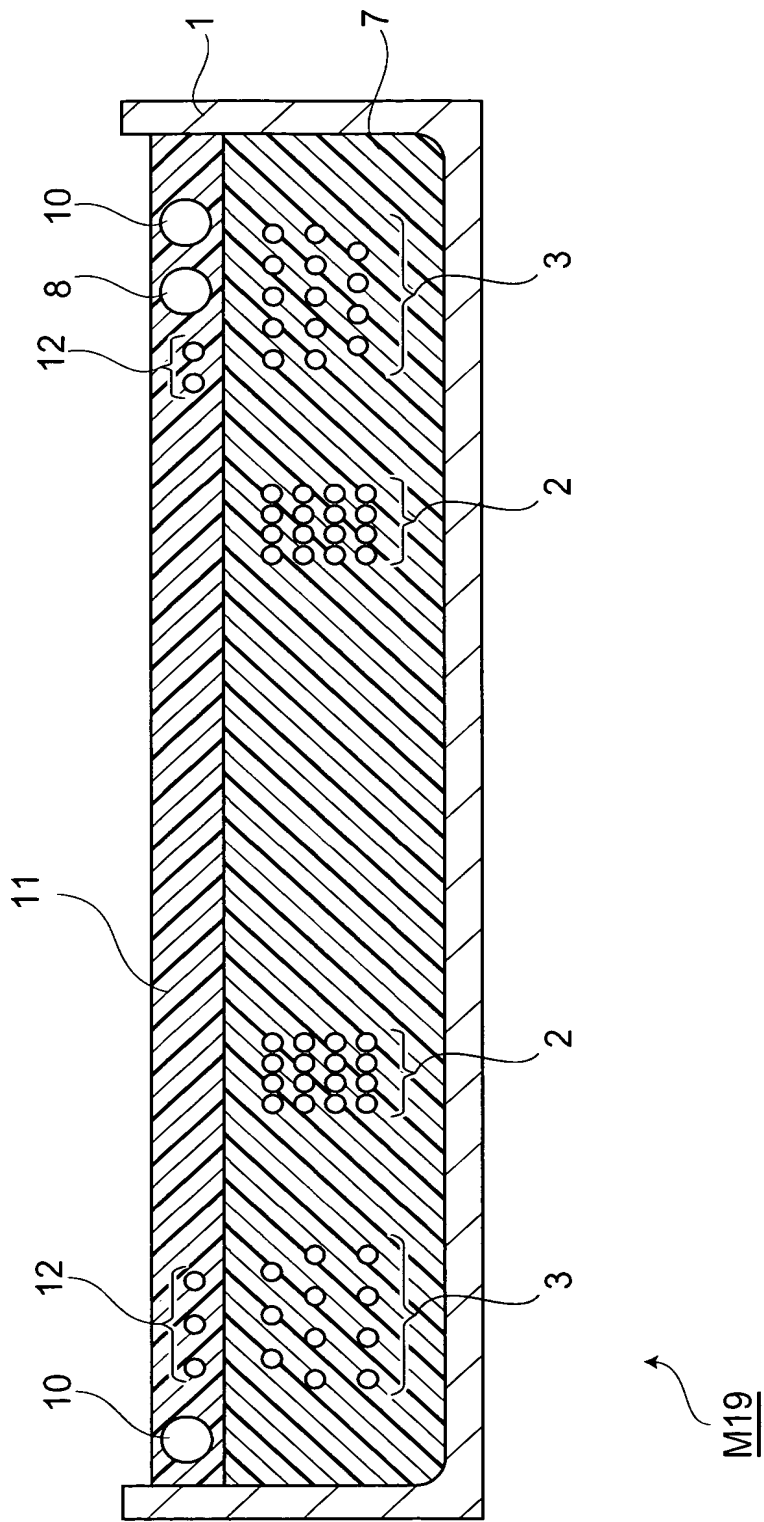
【図 1】



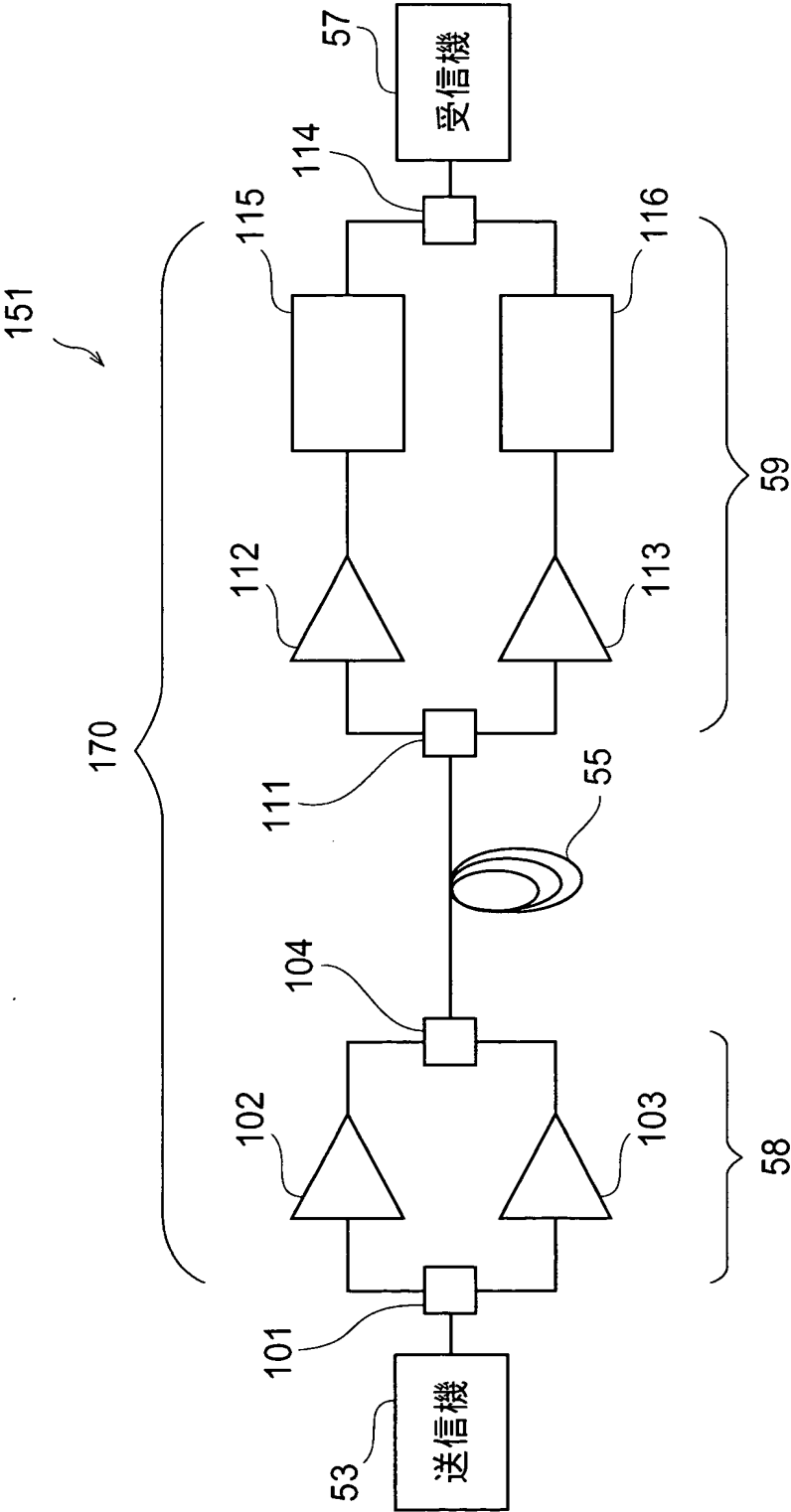
【図 2】



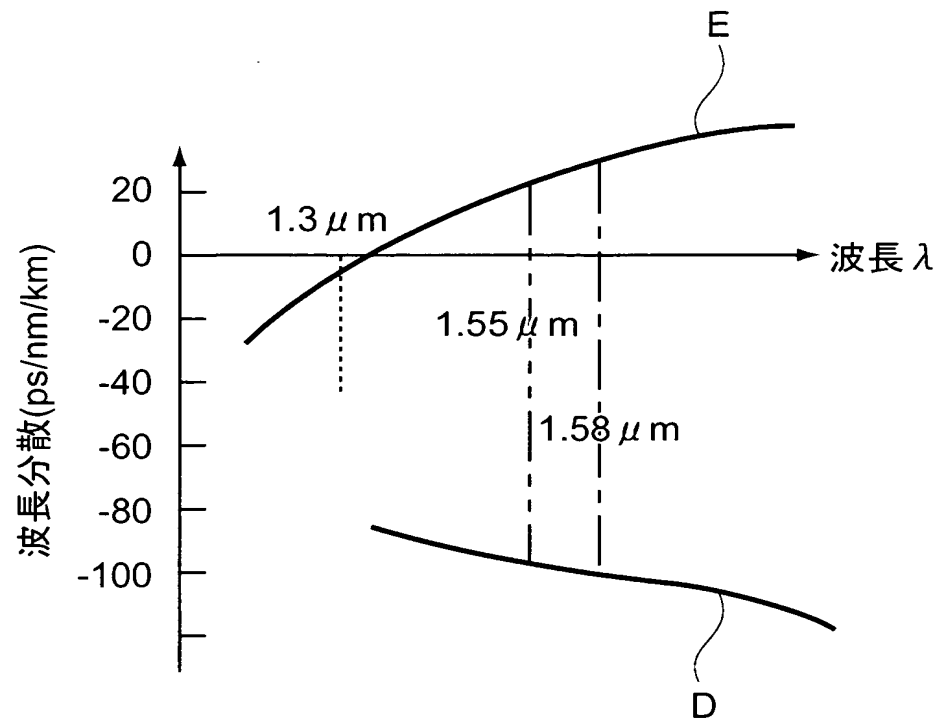
【図 3】



【図 4】



【図 5】



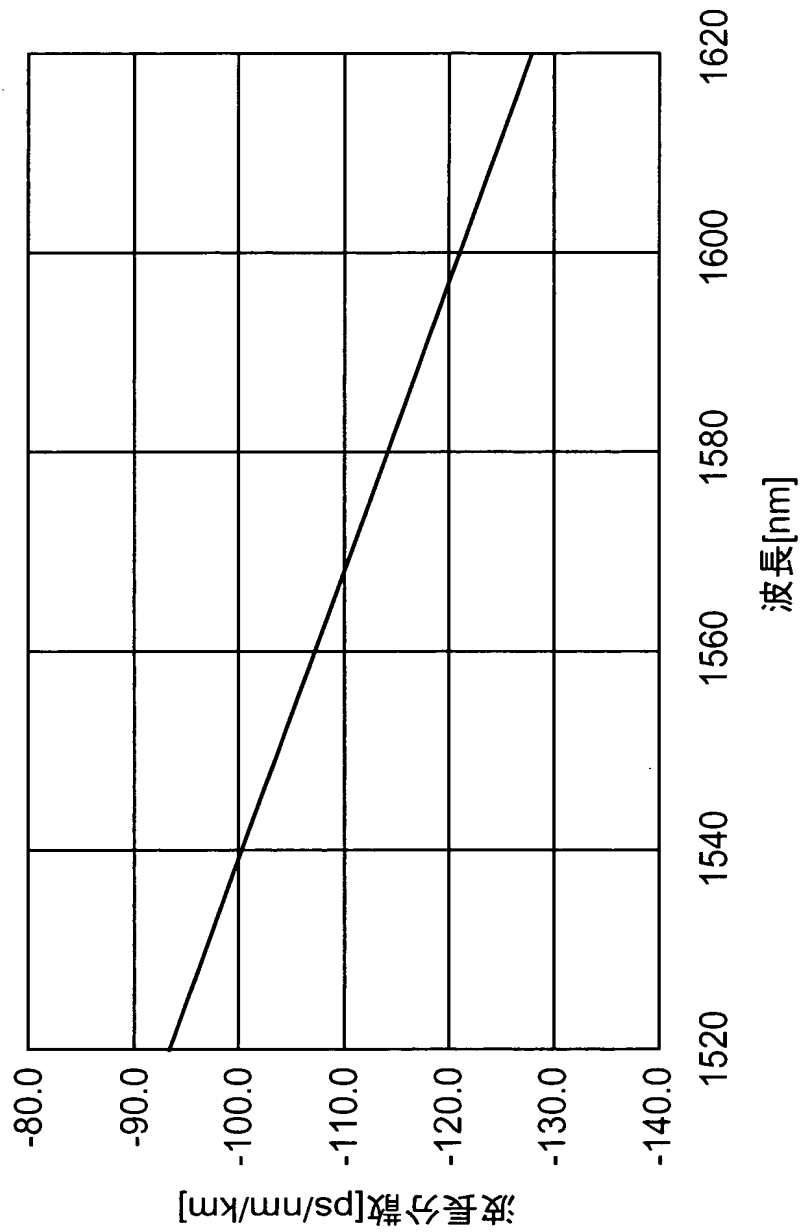
【図 6】

分散補償光 ファイバ	$\Delta n1$ [%]	$\Delta n2$ [%]	$\Delta n3$ [%]	2a [μm]	2b [μm]	2c [μm]	1520nmでの 波長分散 [ps/nm/km]	1520nmでの 分散スロープ [ps/nm ² /km]	1550nmでの 波長分散 [ps/nm/km]	1550nmでの 分散スロープ [ps/nm ² /km]	実効カット オフ波長 [μm]	1550nmでの MFD [μm]	曲げ径40mm での1550nmの 波長の曲げ 損失増加量 [dB/km]	曲げ径60mm での1550nmの 波長の曲げ 損失増加量 [dB/km]
実施例 F1	2.8	-0.74	0.32	2.6	5.2	10.8	-172	-0.16	-176	-0.08	1.28	4.0	≤ 0.01	≤ 0.01
実施例 F2	2.8	-0.74	0.32	3.2	7.7	15.4	-249	-0.64	-263	-0.28	1.45	4.2	≤ 0.05	≤ 0.01
参考例 F3	1.6	-0.50	0.30	4.3	11.0	15.4	-61	-0.25	-70	-0.36	1.40	4.7	≤ 0.5	≤ 0.02

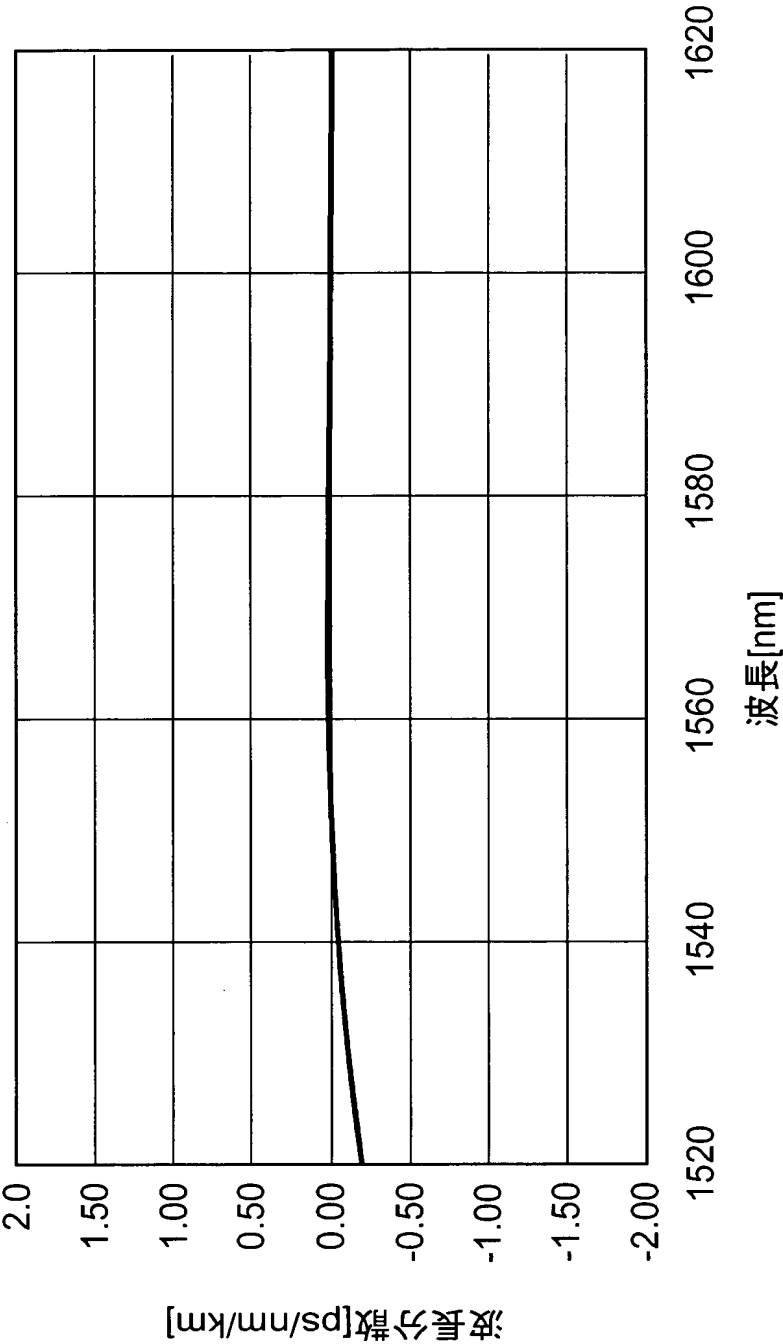
【図 7】

分散 補償器	使用 ファイバ	ファイバ長 [km]	ガラス径d [μm]	被覆径 [μm]	総波長分散 [ps/nm]	総分散 スロープ [ps/nm ²]	挿入損失 [dB]	ファイバ 収納形態	コイル内径 [mm]	コイル外径 [mm]	筐体[mm]		
											たて	よこ	高さ
実施例M1	F1	1.7	80	140	-300	-0.13	3.3	樹脂保持	40		120	120	18
実施例M2	F1	1.7	125	185	-300	-0.13	3.3	樹脂保持	40		120	120	18
実施例M3	F1	3.4	125	185	-600	-0.26	4.6	樹脂保持	40		130	130	17
実施例M4	F2	0.30	80	185	-80	-0.08	2.1	樹脂保持	60		100	100	14
実施例M5	F2	1.14	125	185	-300	-0.31	2.8	樹脂保持	60		120	120	18
実施例M6	F2	2.28	125	185	-600	-0.63	3.7	樹脂保持	60		130	130	17
実施例M7	F2	4.56	125	185	-1200	-1.26	5.6	樹脂保持	60		170	170	17
実施例M8	F2	2.30	125	185	-604	-0.63	7	樹脂保持	40	200	220	230	40
	F3 F2+F3	10.8	125	185	-756 -1360	-3.88 -4.5		樹脂保持	120				

【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 伝送用光ファイバの波長分散をより精度よく補償可能な光ファイバと、これを用いた分散補償器及び光伝送路を提供すること。

【解決手段】 1 5 3 5 ～ 1 5 6 5 n m、1 5 6 5 ～ 1 6 1 0 n m、1 5 5 4 ～ 1 6 0 8 n m、または、1 5 3 5 ～ 1 6 1 0 n mの波長帯において波長分散が下に凸であると共に、当該波長帯において波長分散が負であることを特徴とする光ファイバである。従来のシングルモードファイバ等の伝送用光ファイバの波長分散は所定の波長帯で上に凸であるため、この波長帯で波長分散が下に凸となる分散補償光ファイバを用いることにより伝送用光ファイバの波長分散を好適に補償できる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 3 6 8 5 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 1 3 0]

1 . 変更年月日
[変更理由]

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
新規登録

住 所
氏 名

大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号
住友電気工業株式会社